

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

PCT/JP 03/11903

18.09.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年 9月18日

出願番号
Application Number: 特願2002-271337
[ST.10/C]: [JP2002-271337]

REC'D 27 FEB 2004

WIPO

PCT

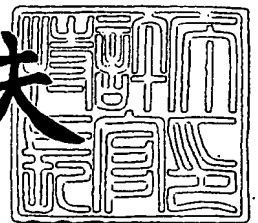
出願人
Applicant(s): 財団法人科学技術振興会

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 2月12日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3087452

【書類名】 特許願

【整理番号】 REP02004

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03F 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県野田市山崎 2 6 4 1 東京理科大学 基礎工学部
電子応用工学科 内

【氏名】 谷口 淳

【特許出願人】

【識別番号】 501105015

【氏名又は名称】 財団法人科学技術振興会

【代理人】

【識別番号】 100091904

【弁理士】

【氏名又は名称】 成瀬 重雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 054391

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 凹凸表面の形成方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 以下のステップを備えることを特徴とする凹凸表面の形成方法：

(a) SOG層の表面に電子線を照射して、前記 SOG層の少なくとも一部を露光させるステップ；

(b) 前記 SOG層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去し、これによって、前記 SOG層の表面に凹凸を形成するステップ。

【請求項 2】 本体材料と、この本体材料の表面に形成された中間層と、この中間層の表面に形成された SOG層とを有する積層体を用い、かつ、以下のステップを備えることを特徴とする凹凸表面の形成方法：

(a) 前記 SOG層の表面に電子線を照射して、前記 SOG層の少なくとも一部を露光させるステップ；

(b) 前記 SOG層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去し、これによって、前記 SOG層の表面に凹凸を形成するステップ。

【請求項 3】 前記電子線のための加速電圧は、電子線の照射位置に応じて変化させられていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の凹凸表面の形成方法。

【請求項 4】 前記中間層は PMMA またはシランカップリング剤により構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の凹凸表面の形成方法。

【請求項 5】 さらに次のステップを備えることを特徴とする請求項 2 に記載の凹凸表面の形成方法：

(c) 前記 SOG層と前記中間層と前記本体材料とを浸食するエッチャントを用いてエッチングを行い、前記本体材料および／または前記中間層の表面に凹凸表面を形成するステップ。

【請求項 6】 本体材料と、この本体材料の表面に形成された中間層と、この中間層の表面に形成された SOG層とを有する積層体を用い、前記 SOG層の表面には凹凸が形成されており、かつ、以下のステップを備えることを特徴とする凹凸表面の形成方法：

(a) 前記SOG層と前記中間層と前記本体材料とを浸食するエッチャントを用いてエッチングを行い、前記本体材料および／または前記中間層の表面に凹凸表面を形成するステップ。

【請求項7】 前記エッチャントは、前記SOG層よりも前記中間層および／または前記本体材料を浸食しやすいものであることを特徴とする請求項5または6記載の凹凸表面の形成方法。

【請求項8】 前記本体材料はダイヤモンド、SiCおよび樹脂のいずれかであることを特徴とする請求項6または7に記載の凹凸表面の形成方法。

【請求項9】 前記エッチャントはイオンビームまたは放射光であることを特徴とする請求項6～8のいずれか1項に記載の凹凸表面の形成方法。

【請求項10】 前記SOG層の表面における凹凸は、前記SOG層に型を押し付けることによって形成されていることを特徴とする請求項6～9のいずれか1項に記載の凹凸表面の形成方法。

【請求項11】 前記SOG層の表面における凹凸は、請求項1～3のいずれか1項に記載の形成方法によって形成されていることを特徴とする請求項6～9のいずれか1項に記載の凹凸表面の形成方法。

【請求項12】 前記凹凸表面は、型として用いられるものであることを特徴とする請求項1～11のいずれか1項記載の凹凸表面の形成方法。

【請求項13】 以下のステップを備えることを特徴とする微粒子の固定方法：

(a) 微粒子を混入したSOG層の表面に電子線を照射して、前記SOG層の少なくとも一部を露光させるステップ；

(b) 前記SOG層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去し、これによって、前記SOG層の表面に前記微粒子を露出させ、または、前記表面に接近させるステップ。

【請求項14】 前記SOG層は、本体材料またはその表面に形成された中間層の表面に形成されていることを特徴とする請求項13記載の微粒子の固定方法。

【請求項15】 前記電子線のための加速電圧は、前記電子線の照射位置に応じて変化させられていることを特徴とする請求項13または14に記載の微粒子の固定方法。

【請求項 16】 前記中間層は PMMA またはシランカップリング剤により構成されていることを特徴とする請求項 14 に記載の微粒子の固定方法。

【請求項 17】 前記微粒子はカーボンナノチューブ、ダイヤモンドパウダーおよび金属微粒子のいずれかであることを特徴とする請求項 13～16 のいずれか 1 項記載の微粒子の固定方法。

【請求項 18】 請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の成形方法により成形された凹凸表面を型として成形されたことを特徴とする成形物。

【請求項 19】 前記中間層の厚さを変更することによって、前記本体材料および／または前記中間層の加工後における前記凹凸表面のアスペクト比を調節することを特徴とする請求項 6 記載の凹凸表面の形成方法。

【請求項 20】 本体材料と、この本体材料の表面に形成された中間層と、この中間層の表面に形成された SOG 層とを有する積層体。

【請求項 21】 前記本体材料は、ダイヤモンド、SiC および樹脂のいずれかであることを特徴とする請求項 20 記載の積層体。

【請求項 22】 前記中間層は PMMA またはシランカップリング剤であることを特徴とする請求項 20 または 21 に記載の積層体。

【請求項 23】 本体材料の表面に中間層を形成し、この中間層の表面に SOG 層を形成することを特徴とする積層体の製造方法。

【請求項 24】 前記イオンビームは、酸素イオンビームであることを特徴とする請求項 9 項記載の凹凸表面の形成方法。

【請求項 25】 本体材料と SOG 層とを有する積層体を用い、前記 SOG 層は、前記本体材料の一側に配置されており、かつ、以下のステップを備えることを特徴とする凹凸表面の形成方法：

(a) 前記 SOG 層を部分的に除去または成形することにより、前記本体材料を露出させるステップ；

(b) 前記露出した本体材料をエッチングにより加工するステップ。

【請求項 26】 本体材料と中間層と SOG 層とを有する積層体を用い、前記中間層は、前記本体材料と前記 SOG 層との間に配置されており、かつ、以下のステップを備えることを特徴とする凹凸表面の形成方法：

(a) 前記SOG層を部分的に除去または成形することにより、前記本体材料または前記中間層を露出させるステップ;

(b) 前記露出した本体材料または前記中間層をエッチングにより加工するステップ。

【請求項 27】 さらに以下のステップを有することを特徴とする請求項 25 または 26 に記載の凹凸表面の形成方法:

(c) 前記ステップ (b) の後、残存した前記SOG層を除去するステップ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、凹凸表面の形成方法に関するものである。

【0002】

【発明の背景】

半導体の微細化に伴い、従来の半導体リソグラフィー技術に替わるリソグラフィー技術が模索されている。その一つとして、ナノインプリントリソグラフィー(Nano Imprint Lithography:NIL)がある。これは、ナノメートルオーダーのデザインルールが作製可能な技術である。この技術は、詳しくは、下記非特許文献1に記載されている。このプロセスの概略は、ナノメートルサイズのパターンが描かれているモールド(型)をSiウエハー上のレジストに押付けて型を転写し、これによって微細パターンを形成するものである。このプロセスでは、レジストの材料として熱可塑性樹脂を用いる。まず、ガラス転移点以上の温度にレジストを昇温してから、モールドをレジストに押付ける。そのままの状態にレジストを降温して固める。ついで、モールドを剥離する。これにより、Siウエハ上にパターンを得ることができる。しかし、このプロセスでは、昇温や降温に時間がかかり、生産効率が上がらない、再現性のあるパターン転写が行えない等の問題がある。

【0003】

さらに、別のリソグラフィー技術として、光硬化樹脂を用いた方法がある。この方法では、透明なモールドを用いる。光硬化樹脂にモールドを押し付け、常温

でUV光を樹脂に照射する。これにより樹脂を硬化させる。ついで、樹脂からモールドを剥離してパターンを得ることができる。しかし、この方法では、光硬化樹脂や透明なモールドを使う必要がある。また、凹凸パターンにおける深さを場所によって変化させることはできないという問題がある。この種の技術における従来例を以下に示す。

【0004】

【従来技術】

【特許文献1】

特開 2001-68411号公報

【非特許文献1】

S.Y. Chou, P.R. Krauss, and P.J. Renstrom: Appl. Phys. Lett. 67 (1995) 3114.

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、前記の事情に鑑みてなされたものである。本発明は、凹凸における深さの変化を付けることが可能で、かつ、効率のよい、凹凸表面の形成方法を提供するものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る凹凸表面の形成方法は、以下のステップを備えている。

(a) SOG層の表面に電子線を照射して、前記SOG層の少なくとも一部を露光させるステップ；

(b) 前記SOG層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去し、これによって、前記SOG層の表面に凹凸を形成するステップ。

【0007】

また、本発明に係る凹凸表面の形成方法は、本体材料と、この本体材料の表面に形成された中間層と、この中間層の表面に形成されたSOG層とを有する積層体を用い、かつ、以下のステップを備える構成であっても良い。

(a) 前記SOG層の表面に電子線を照射して、前記SOG層の少なくとも一部

を露光させるステップ；

(b) 前記SOG層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去し、これによって、前記SOG層の表面に凹凸を形成するステップ。

【0008】

前記電子線のための加速電圧を、電子線の照射位置に応じて変化させることができる。

【0009】

前記中間層をPMMAまたはシランカップリング剤により構成してもよい。

【0010】

前記形成方法は、さらに次のステップを備えていてもよい。

(c) 前記SOG層と前記中間層と前記本体材料とを浸食するエッチャントを用いてエッチングを行い、前記本体材料および／または前記中間層の表面に凹凸表面を形成するステップ。

【0011】

本発明に係る凹凸表面の形成方法は、本体材料と、この本体材料の表面に形成された中間層と、この中間層の表面に形成されたSOG層とを有する積層体を用い、前記SOG層の表面には凹凸が形成されており、かつ、以下のステップを備える構成であっても良い。

(a) 前記SOG層と前記中間層と前記本体材料とを浸食するエッチャントを用いてエッチングを行い、前記本体材料および／または前記中間層の表面に凹凸表面を形成するステップ。

【0012】

前記エッチャントを、前記SOG層よりも前記中間層および／または前記本体材料を浸食しやすいものとすることができる。

【0013】

前記本体材料をダイヤモンド、SiCおよび樹脂のいずれかとすることができる。

【0014】

前記エッチャントをイオンビームまたは放射光とすることができる。

【0015】

前記SOG層の表面における凹凸を、前記SOG層に型を押し付けることによって形成してもよい。

【0016】

前記SOG層の表面における凹凸を、前記した凹凸表面の形成方法によって形成してもよい。

【0017】

前記形成方法により形成された凹凸表面は、型として用いることができる。

【0018】

本発明に係る微粒子の固定方法は、以下のステップを備えている。

(a) 微粒子を混入したSOG層の表面に電子線を照射して、前記SOG層の少なくとも一部を露光させるステップ；

(b) 前記SOG層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去し、これによって、前記SOG層の表面に前記微粒子を露出させ、または、前記表面に接近させるステップ。

【0019】

前記微粒子の固定方法において、SOG層を、本体材料またはその表面に形成された中間層の表面に形成してもよい。

【0020】

前記微粒子の固定方法において、電子線のための加速電圧を、電子線の照射位置に応じて変化させてもよい。

【0021】

前記微粒子の固定方法において、中間層をPMMAまたはシランカップリング剤により構成してもよい。

【0022】

前記微粒子の固定方法において、微粒子を、例えば、カーボンナノチューブ、ダイヤモンドパウダーおよび金属微粒子のいずれかとすることができる。

【0023】

本発明に係る成形物は、前記凹凸表面の成形方法により成形された凹凸表面を

型として成形されたものである。

【0024】

前記凹凸表面の形成方法は、前記中間層の厚さを変更することによって、本体材料および／または中間層の加工後における凹凸表面のアスペクト比を調節することも可能である。

【0025】

本発明の積層体は、本体材料と、この本体材料の表面に形成された中間層と、この中間層の表面に形成されたSOG層とを有する構成となっている。

【0026】

前記積層体における本体材料は、例えば、ダイヤモンド、SiCおよび樹脂のいずれかとすることができる。

【0027】

前記積層体における中間層をPMMAまたはシランカップリング剤とすることができる。

【0028】

本発明に係る積層体の製造方法は、本体材料の表面に中間層を形成し、この中間層の表面にSOG層を形成する構成となっている。

【0029】

前記した凹凸表面の形成方法に用いられる前記イオンビームとしては、例えば酸素イオンビームを用いることができる。

【0030】

本発明における凹凸表面の形成方法は、本体材料とSOG層とを有する積層体を用い、前記SOG層は、前記本体材料の一侧に配置されており、かつ、以下のステップを備える構成とすることができる。

(a) 前記SOG層を部分的に除去または成形することにより、前記本体材料を露出させるステップ；

(b) 前記露出した本体材料をエッチングにより加工するステップ。

【0031】

本発明における凹凸表面の形成方法は、本体材料と中間層とSOG層とを有す

る積層体を用い、前記中間層は、前記本体材料と前記SOG層との間に配置されており、かつ、以下のステップを備える構成とすることができる。

(a) 前記SOG層を部分的に除去または成形することにより、前記本体材料または前記中間層を露出させるステップ；

(b) 前記露出した本体材料または前記中間層をエッチングにより加工するステップ。

【0032】

前記二つの凹凸表面の形成方法は、さらに以下のステップを有することができる。

(c) 前記ステップ(b)の後、残存した前記SOG層を除去するステップ。

【0033】

【発明の実施の形態】

本発明の第1実施形態に係る凹凸表面の形成方法を、図1および図2を参照しながら以下に説明する。まず、本体材料1を用意する。本体材料1としては、例えば、ダイヤモンド、SiC、樹脂、ガラスまたはサファイアを用いることができる。ダイヤモンド、SiCまたはサファイアとしては、単結晶、多結晶、薄膜状その他、適宜な構造のものを用いることができる。樹脂の例としては、PTFE（ポリテトラフルオロエチレン）やエンジニアリングプラスチックである。

【0034】

ついで、本体材料1の表面に、中間層2を形成する。この中間層2としては、この実施形態ではPMMA（メタクリル樹脂）が用いられている。中間層2は、本体材料1の表面にPMMAを塗布して固化させることによって形成できる。中間層2の厚さは約10nmとなっている。

【0035】

つぎに、中間層2の表面に、SOG（スピノングラス）層3を形成する。具体的には、図2に示されるように、まず、SOG溶液（メチルシロキサンポリマーと有機溶媒とを含んでいる。）を中間層2の表面に、スピコート法によって塗布する（ステップ2-1）。ここで、SOG溶液の具体例としては、Honeywell社製のAccuglass 512B（商標）である。ついで、80℃～250℃で3分間

プリベイクを行う（ステップ2-2）。ついで、大気中、300℃、1時間の条件でキュアを行う（ステップ2-3）。このようにして積層体4を得ることができる（図1（a）参照）。

【0036】

ついで、SOG層の表面に電子線を照射する（図1（b）および図2のステップ2-4参照）。ここで電子線の加速電圧は、照射位置に応じて変化させられている。この実施形態では、図1（b）において右側の照射位置ほど、高い加速電圧とされている。これにより、SOG層を露光させることができる。この実施形態では、露光した部分を露光部31と称する。露光部31の深さは、加速電圧が高いほど深くなる。

【0037】

ついで、BHF（フッ酸緩衝液）により現像を行う（図2のステップ2-5）。BHFは、 $\text{HF}:\text{NH}_4\text{F}=1:1$ とした混合液である。現像時間は例えば60秒間である。これにより、露光部31を除去して、凹部32をSOG層3に形成することができる。本実施形態によれば、このようにして、SOG層3の表面に凹凸を形成することができる。

【0038】

本実施形態では、電子線の加速電圧の大きさにより露光部31の深さを制御しているので、露光部31の深さを正確に制御することができる。したがって、得られる凹部32の深さを正確に制御して多階調の構造を得ることができる。深さ方向の階調変化としては、1 μm の深さにおいて16階調の変化を実現できている。32階調や64階調の変化も可能と考えられる。

【0039】

また、電子ビームの幅は、3 nm程度まで集束可能なので、ナノオーダーの形状に加工することが可能である。実際、100 nmのビーム幅の電子ビームを使用した場合で、200 nmの幅を有する線状の凹部32を形成できている。したがって、10 nm以下の幅を有する凹部32を形成できると考えられる。

【0040】

したがって、本実施形態の方法によれば、微細な凹凸表面を精度良く形成する

ことができる。これにより、例えば、MEMS、光学素子（ブレイズ光学素子、マイクロレンズアレイ、フレネルゾーンプレート、フォトニッククリスタル、ホログラム素子、デジタル光学素子）の微細加工が可能になる。また、凹凸表面を型として用いることで、前記の手順を逐一実行することなく、転写によって微細加工品を得ることができる。

【0041】

また、本実施形態においては、中間層2を形成しているので、本体材料1とSOG層3との濡れ性（接着性）を改善することができる。また、本体材料1とSOG層3との間に生じる応力（例えばSOG層3の収縮に伴う応力）を緩和することができる。

【0042】

つぎに、図3を参照しながら、本発明の第2実施形態に係る凹凸表面の形成方法を説明する。この方法においても、前記第1実施形態と同様に、まず、本体材料1と中間層2とSOG層3とを備えた積層体4を形成する（図3（a）参照）。ついで、加速電圧3kVにて、電子線をSOG層3に照射する。これにより、SOG層3に露光部311を形成することができる。ついで、加速電圧5kVにて、露光部311よりも狭い領域に対して、電子線をSOG層3に照射する。これにより、露光部311よりも深い露光部312を形成することができる（図3（b）参照）。ついで、BHFにより露光部311・312を除去する（図3（c））。これにより、SOG層3に凹部32を形成することができる。ここまでは第1実施形態と基本的に同様である。

【0043】

つぎに、この実施形態では、ECR（電子サイクロトロン共鳴）によって生成された酸素イオンビームをSOG層3の表面に適用した（図3（e）参照）。これにより、SOG層3、中間層2および本体材料1を分解して、照射時間に対応した深さだけこれらを除去することができる。これにより、SOG層3の形状に沿って、本体材料1に凹部11を形成することができる（図3（f）参照）。なお、図示の例では、中間層2はすべて除去されている。

【0044】

SOG層3は、中間層2および本体材料1に比較して、酸素イオンビームによって分解されにくいので、この実施形態の方法では、SOG層3の凹凸形状よりも高いアスペクト比の凹凸形状を本体材料1に形成することができるという利点がある。

【0045】

また、本実施形態では、酸素イオンビームを用いているので、異方性の加工となり、加工形状の広がりが少ない。このため、微細加工に好適である。

【0046】

さらに、本実施形態では、酸素イオンビームを用いているので、SOG層3も同時に加工することができる。このため、事後的にSOG層3を除去する工程が不要となり、加工効率がよいという利点もある。

【0047】

また、本実施形態では、本体材料1がダイヤモンドやSiCのように硬い材料であっても、高精度な微細加工を容易に行うことができるという利点がある。したがって、この実施形態によって、微細形状を成形するための型を容易に作製できるという利点がある。ダイヤモンドは、成形作業後の洗浄が容易なので、型の材料として好適である。また、SiCは、高温に強いため、セラミック製品成形用の型の材料として好適である。

【0048】

また、中間層2の厚さを変えることで、本体材料1の表面に形成されるアスペクト比を調整することも可能である。通常は、本体材料1の加工は、SOG層3が除去された時点で終了すると考えられる。すると、例えば、中間層2を厚くすると、中間層2の加工に時間がかかり、本体材料1の加工時間がその分短くなるので、本体材料1における加工面のアスペクト比を低くできる。逆に、中間層2を薄くすることにより、本体材料1における加工面のアスペクト比を高くすることができる。

【0049】

第2実施形態における他の構成および利点は第1実施形態と基本的に同様ののでこれ以上の詳細な説明は省略する。

【0050】

【実施例 1】

前記第 2 実施形態の具体的な実施条件を以下に示す。なお、前記実施形態に記載した条件は省略する。

(1) 中間層 2 を構成する PMMA の塗布

塗布厚: 10 nm

(2) SOG 層 3 を構成する SOG 溶液の塗布

スピコートにおける回転数: 3000 rpm

回転時間: 10 秒

(3) ECR を用いた酸素イオンビームによる加工

使用ガス: O_2

イオン電流密度: 1.35 mA/cm^2

エミッション電流: 11.0 mA

酸素流量: 3.0 sccm

真空度: $6.67 \times 10^{-4} \text{ Pa}$

ガス導入時真空度: $3.18 \times 10^{-4} \text{ Pa}$

マイクロ波出力: 100 W

イオンビームの加速電圧: 300 V

加工時間: 30 分

【0051】

なお、第 2 実施形態では、電子線露光を用いて SOG 層 3 に凹部 32 を形成したが、例えば、型を SOG 層 3 に押し付けることによって凹部 32 を形成することも可能である。

【0052】

つぎに、本発明の第 3 実施形態に係る成型方法を、図 4 を参照しながら説明する。この方法では、本体材料 1 として樹脂を用いる。本体材料 1 の上面に SOG 層 3 を形成する。中間層は形成しない。また、本体材料 1 を形成するための下地材料 5 を用いる (図 4 (a) 参照)。したがって、この実施形態では、本体材料 1 と SOG 層 3 と下地材料 5 とから積層体 4 を構成している。本体材料 1 と SO

G層3の組成は第1実施形態と同様である。下地材料は、例えばSiやガラスから構成される。下地材料としては、平坦度が高く、かつ安価な材料が好ましい。

【0053】

ついで、前記したSOG層3の表面に型6を押し付ける。型6の表面(図4(a)において下面)には、例えば第2実施形態の方法で形成された凹凸面(成形面)が形成されている。これにより、SOG層3の表面に、型の形状を転写することができる(図4(b)参照)。ついで、成形されたSOG層3に対して、第2実施形態と同様にして、酸素イオンビームを照射する(図4(c)参照)。これにより、SOG層3および本体材料1を、SOG層3の形状に沿って加工することができる(図4(d)参照)。本体材料1としてSOG層3よりも加工されやすい材料を選ぶことにより、本体材料1の加工面のアスペクト比を、SOG層3よりも高くすることができる。

【0054】

なお、この第3実施形態においては、SOG層3における凹凸面を、型の転写により成形したが、第1および第2実施形態に示されるように、電子線露光および現像(露光部の除去)を用いる方法によって成形しても良い。

【0055】

第3実施形態における他の構成および利点は、第1・第2実施形態と同様なので、これ以上の説明を省略する。

【0056】

つぎに、本発明の第4実施形態について図5を参照して説明する。この実施形態は、前記各実施形態のような方法で得られた凹凸表面を型として用いた成形方法に関するものである。まず、被成型品7を配置する。被成型品7の素材は任意であるが、この実施形態では、例えば、適宜な下地材料8と、その表面に形成された本体9とを備えたものとする。本体9としては、例えば、PTFE、エンジニアリングプラスチック、PMMA、アクリル系樹脂、Alなどの軟金属を使用することができる。Al等の軟金属を用いる場合は、型押しによって、回折格子ブレード光学素子などの反射を使う光学素子を得ることができる。また、軟金属を型押し成形することで、直ちにホログラムを得ることもできる。一方、型10

の下面には、前記各実施形態の方法で得られた凹凸表面が形成されている。

【0057】

ついで、型10の下面を本体9に押し付けることにより、凹凸形状を転写する。これにより、例えばMEMSや光学素子などに用いる微小成型品を容易に得ることができる。

【0058】

つぎに、本発明の第5実施形態を、図5を参照しながら説明する。この実施形態では、第1および第2実施形態と同様に、本体材料1と中間層2とSOG層3とを備えた積層体4を用いる。ただし、第5実施形態では、SOG層3の内部に微粒子33が混入されている（図5（a）参照）。この実施形態では、微粒子33の位置は予め設定されているものとする。ついで、微粒子33の位置に対して電子線を照射する。電子線の加速電圧は、この実施形態では、微粒子33の表面まで電子線による露光ができる電圧とする。これにより、露光部31を形成する（図5（b）参照）。

【0059】

ついでBHFにより現像を行い、凹部32を形成する（図5（c）参照）。これにより、微粒子を覆っていたSOGを除去して、微粒子33を外部に露出させることができる。電子線の加速電圧を変えることにより、前記第1実施形態で説明した通り、凹部32の深さを変えることもできる。例えば、電子線の加速電圧を調整することにより、凹部32の深さを、微粒子33が外部に露出しない程度（つまり微粒子33がSOG層3の表面に接近する程度）の深さとすることもできる。

【0060】

本実施形態によれば、このようにして、微粒子を外部に露出させた状態で固定することができる。微粒子としては、例えば、カーボンナノチューブ、ダイヤモンドパウダーもしくは金属微粒子（これらの混合物である場合を含む）を用いることができる。この場合は、固定された微粒子33をFED（フィールドエミッションディスプレイ）用の電極として利用することも可能である。

【0061】

なお、前記実施形態では、酸素イオンビームを利用した加工方法を例示したが、酸素イオンビームに替えて、例えば、酸素R I E（反応性イオンエッチング）を用いても良い。酸素R I Eを用いた場合は、それによりS O G層を除去することはできないので、S O G層を除去するためには、B H Fを別途用いる必要がある。この場合は、S O G層を除去して中間層または本体材料を露出させた後、本体材料（中間層を設けた場合はさらに中間層）を酸素R I Eで加工し、その後S O G層を除去する、という方法となる。

【0062】

さらに、酸素イオンビームに替えて、エッチャントとして放射光を用いても良い。放射光を用いた場合は、これによりS O G層を除去することができる。放射光を使った加工では、

- (1) S O G層3も本体材料1も同時に加工することができるので、作業が簡便、
 - (2) 放射光は、酸素イオンビームよりもさらに広がりが少ないために高精度の加工ができる、
 - (3) S O Gの加工速度は樹脂などの本体材料1よりも通常は遅いために、本体材料1の凹凸形状を、S O G層3の凹凸形状よりも高アスペクト比とすることができる、
- 等の利点がある。

【0063】

さらに、酸素イオンビームに替えて、エッチャントとして他のイオンビームを用いることもできる。例えば、本体材料1をガラスやサファイアとした場合は、アルゴン、C F₄、C H F₃などのイオンビームを用いることが可能である。この場合は、S O G層3に形成された凹凸形状を、例えば第2実施形態や第3実施形態の方法によって、1：1で本体材料1に形成することが可能なので、精密加工品の生産が一層容易となる。

【0064】

なお、前記実施形態および実施例の記載は単なる一例に過ぎず、本発明に必須の構成を示したものではない。各部の構成は、本発明の趣旨を達成できるもので

あれば、上記に限らない。例えば、前記実施形態では、露光部 31・311・312 の深さを、電子線の加速電圧の変化により変化させたが、電子線のドーズ量の変化により深さを変化させることも可能と考えられる。

【0065】

また、中間層 2 として、PMMA に替えて、シランカップリング剤（一分子中に有機官能基と加水分解基を有する材料）を用いることもできる。シランカップリング剤を用いると、有機樹脂と無機物との結合性が向上する。したがって、本体材料 1 として有機樹脂を用いた場合に、本体材料 1 と SOG 層 3 との接着性を向上させることができる。

【0066】

【発明の効果】

本発明に係る凹凸表面の形成方法によれば、凹凸における深さの変化を付けることが可能で、かつ、効率のよい、凹凸表面の形成方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施形態に係る凹凸表面の成形方法を説明するための説明図であって、積層体の断面を示す図である。

【図 2】

本発明の第 1 実施形態に係る凹凸表面の成形方法を説明するためのフローチャートである。

【図 3】

本発明の第 2 実施形態に係る凹凸表面の成形方法を説明するための説明図であって、積層体の断面を示す図である。

【図 4】

本発明の第 3 実施形態に係る凹凸表面の成形方法を説明するための説明図であって、積層体の断面を示す図である。

【図 5】

本発明の第 4 実施形態に係る成形方法を説明するための説明図である。

【図 6】

本発明の第 5 実施形態に係る微粒子の固定方法を説明するための説明図であって、積層体の断面を示す図である。

【符号の説明】

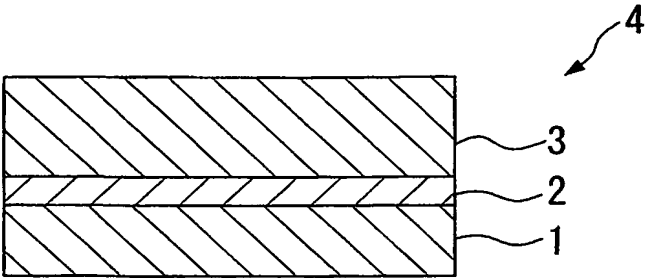
- 1 本体材料
- 11 凹部
- 2 中間層
- 3 SOG 層
- 31・311・312 露光部
- 32 凹部
- 33 微粒子
- 4 積層体
- 5・8 下地材料
- 6・10 型
- 7 被成型品
- 8 センサ本体
- 9 本体

【書類名】

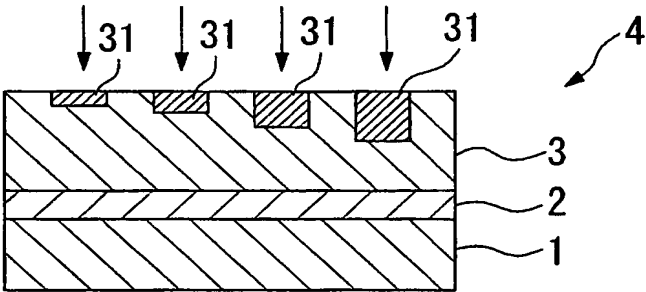
図面

【図 1】

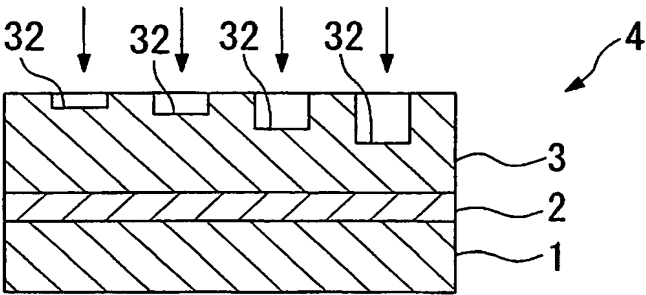
(a)



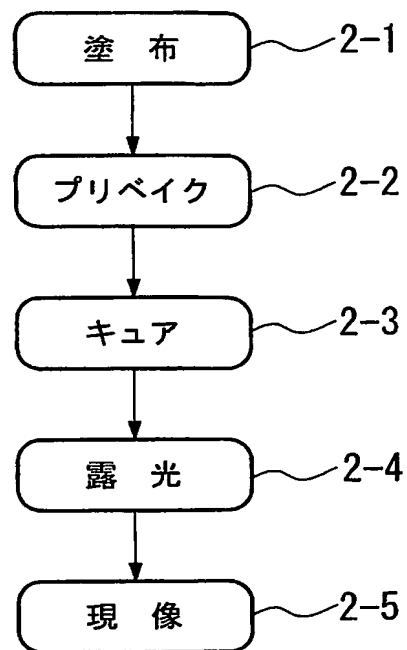
(b)



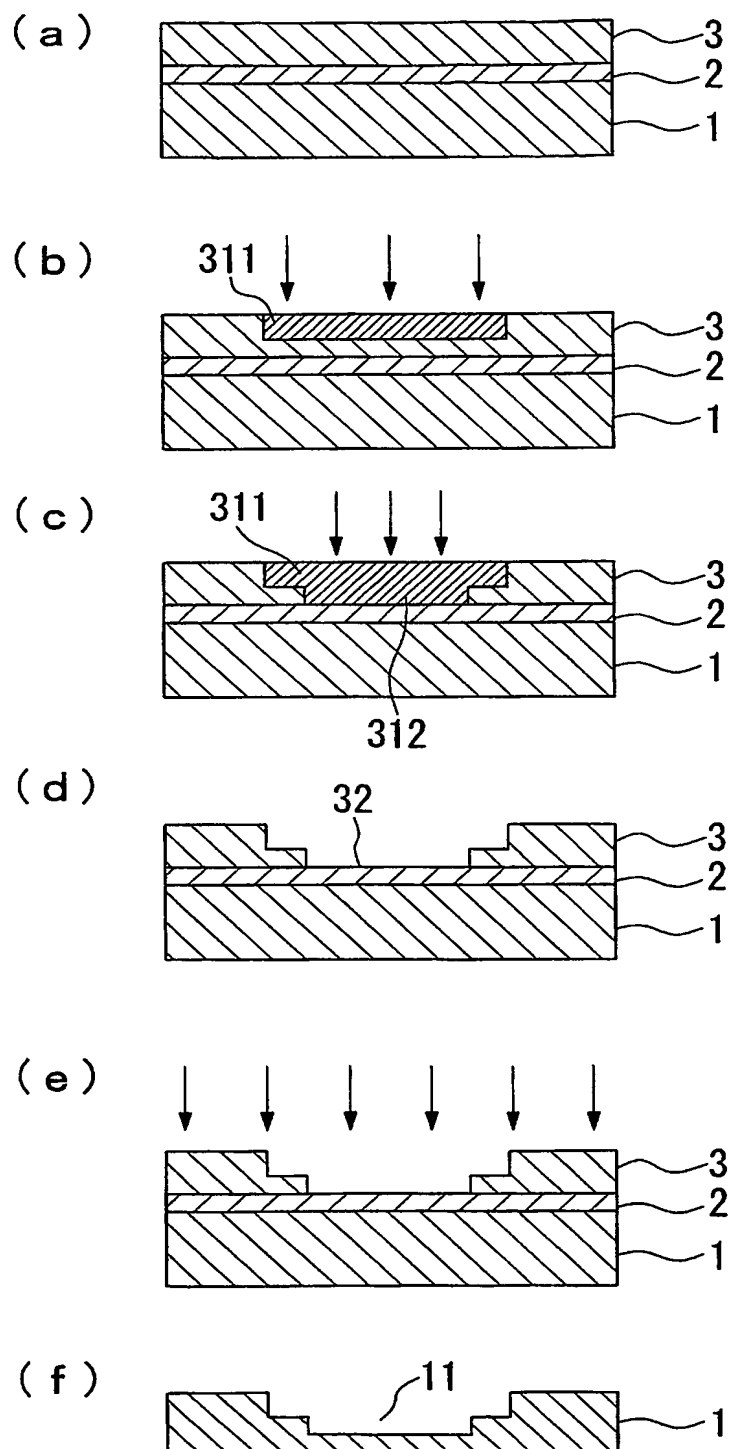
(c)



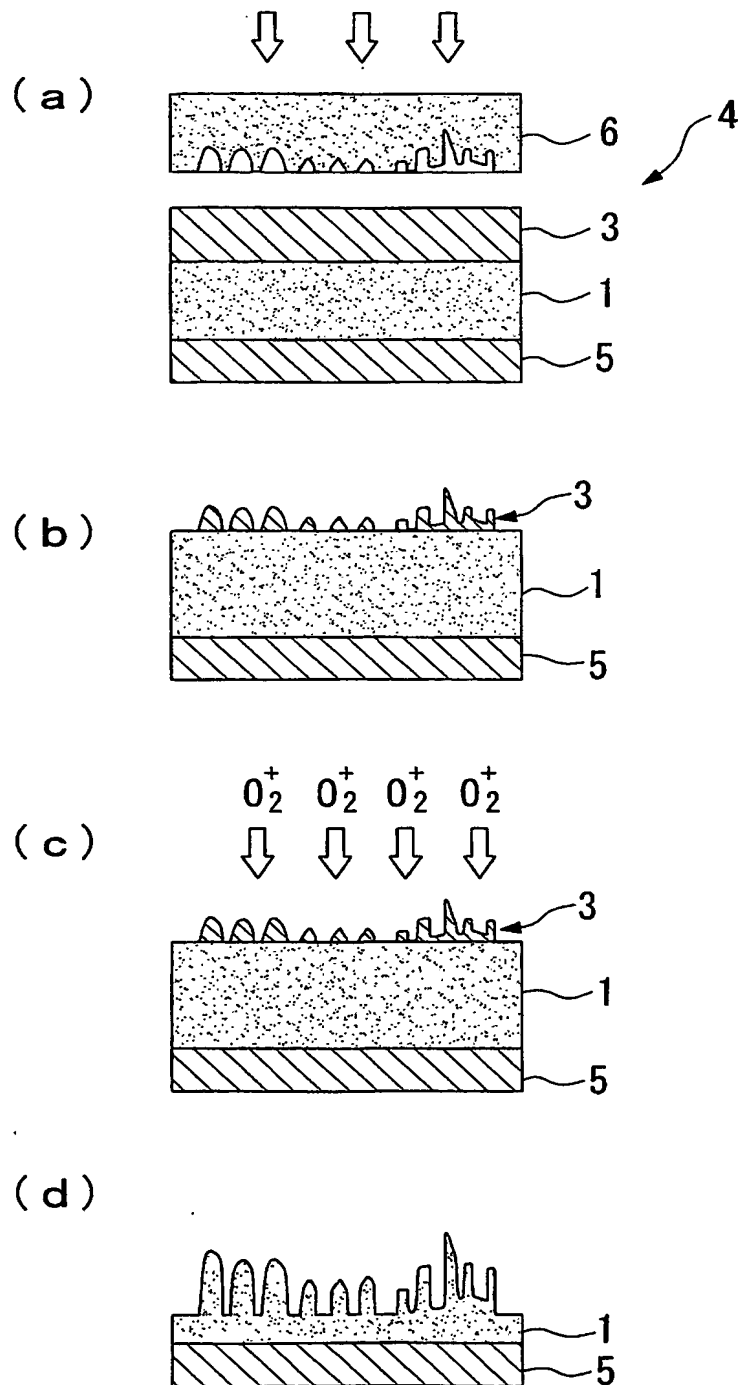
【図 2】



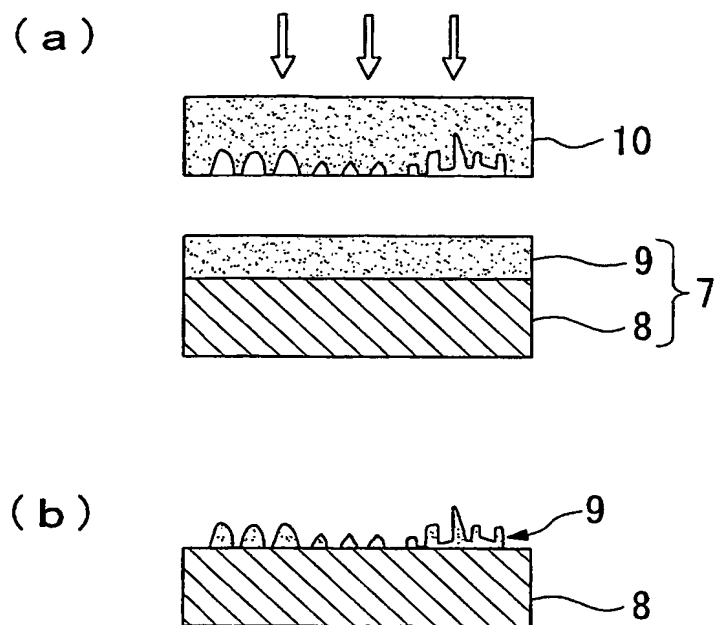
【図 3】



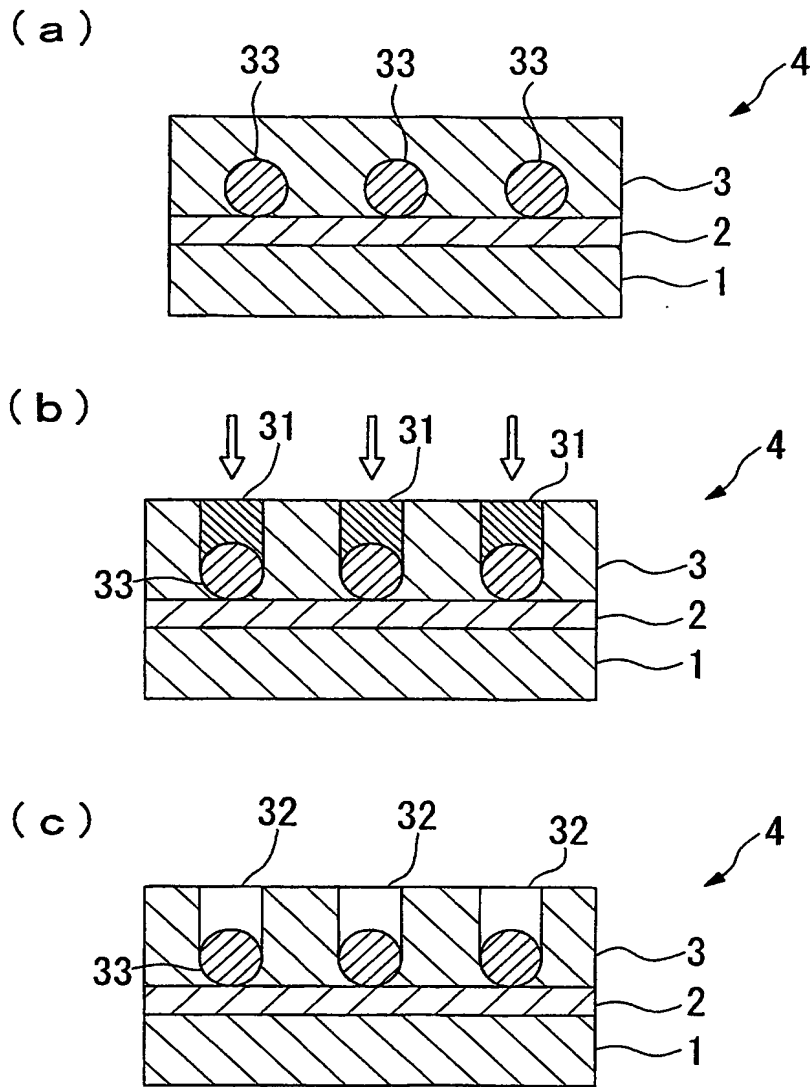
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書**【要約】****【課題】**

凹凸における深さの変化を付けることが可能で、かつ、効率のよい、凹凸表面の形成方法を提供する。

【解決手段】

本体材料 1 と、その表面に形成された中間層 2 と、その表面に形成された S O G 層 3 とを備えた積層体 4 を用いる。まず、S O G 層 3 の表面に電子線を照射して、S O G 層の一部を露光させる。つぎに、S O G 層 3 において露光した部分（露光部）31 をエッチングにより除去する。これによって、S O G 層 3 の表面に微細な凹凸を形成することが可能である。

電子線の加速電圧を変化させることによって、露光部 31 の深さを制御することができる。したがって、深さが異なる立体形状を形成することができる。

S O G 層 3 の表面に凹凸を形成した後、例えば酸素イオンビームによって S O G 層 3 と中間層 2 と本体材料 1 を順に除去することができる。これによって、本体材料 1 の表面に、S O G 層 3 の表面と同様な凹凸を形成することができる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 7 1 3 3 7
受付番号	5 0 2 0 1 3 9 4 5 4 4
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 4 年 9 月 1 9 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年 9月18日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 2 - 2 7 1 3 3 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 1 1 0 5 0 1 5]

1. 変更年月日
[変更理由]
住 所
氏 名

2 0 0 1 年 3 月 1 5 日
新規登録
東京都港区三田 4 - 1 7 - 2 5
財団法人科学技術振興会